

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DOSIS DE ABONO ORGÁNICO INAGRO EN
LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ *Zea mays*, EN LA VEREDA ALTO PUELENJE, MUNICIPIO
DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



DIANA PATRICIA MORALES CASTILLO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2011**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DOSIS DE ABONO ORGÁNICO INAGRO EN
LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ *Zea mays*, EN LA VEREDA ALTO PUELENJE, MUNICIPIO
DE POPAYAN, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

DIANA PATRICIA MORALES CASTILLO

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de
Ingeniera Agropecuaria**

**Directores
OSCAR ARMANDO PATIÑO PANTOJA, M.Sc.
FABIO ALONSO PRADO, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2011**

Nota de aceptación

Los directores y jurados han revisado el presente documento, han escuchado la sustentación del mismo por su autora y lo encuentran satisfactorio.

M.Sc. OSCAR ARMANDO PATIÑO PANTOJA
Director

M.Sc. FABIO ALONSO PRADO
Director

Ph.D. ROMAN STECHAUNER
Presidente del Jurado

M.Sc. NOE ALBAN LOPEZ
Jurado

Popayán, 30 de Junio de 2011

Este trabajo hace parte de una investigación netamente académica y en ningún momento vale como certificado de calidad por parte de la Universidad del Cauca ni sus profesores, tampoco hace parte de un proyecto con fines publicitarios u otro mecanismo para fomentar la venta del producto INAGRO.

DEDICATORIA

A mi Madre y mi Padre por su ejemplo de lucha, honestidad, sus enseñanzas de vida, por el apoyo que me han brindado a lo largo de estos años y con lo que he podido enfrentar la adversidad, por su presencia y todo su cariño.

A mis hermanos por preservar un espíritu de unidad y respaldo, por su confianza y apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todo lo que me ha brindado hasta el momento y por poner personas maravillosas en mi camino.

A todas aquellas personas que de alguna manera, forman parte importante de este logro tan significativo para mí.

Agradezco profundamente a M.Sc. OSCAR ARMANDO PATIÑO PANTOJA, M.Sc. FABIO ALONSO PRADO, Ph.D. MARTHA ALMANZA y al Ing. JULIO ZAMBRANO, por la oportunidad que me brindaron de aprender junto a ellos, la confianza que depositaron en mí y su paciencia. Supieron brindarme no sólo conocimientos relacionados al proceso de investigación sino también los valores y conceptos éticos que sólo poseen los investigadores sobresalientes.

A mis compañeros y amigos quienes estuvieron conmigo, brindándome su apoyo y su amistad a lo largo de los años vividos en la Universidad.

A la Universidad del Cauca y a los profesores del Programa de Ingeniería Agropecuaria, por los conocimientos, experiencia y ayuda brindada durante el transcurso de la carrera.

A los Jurados evaluadores Ph.D ROMAN STECHAUNER y M.Sc. NOE ALBAN LOPEZ, por la revisión y las sugerencias realizadas.

CONTENIDO

| | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | 18 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 19 |
| 1.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i>) | 19 |
| 1.1.1 Sistemas de cultivo del maíz | 20 |
| 1.1.2 Razas Colombianas de Maíz | 21 |
| 1.2 AGRICULTURA ORGÁNICA | 21 |
| 1.2.1 Materia Orgánica | 22 |
| 1.3 ABONOS ORGÁNICOS | 23 |
| 1.3.1 Efectos de los abonos orgánicos sobre el suelo | 23 |
| 1.3.2 Respuesta de los cultivos al uso de abonos orgánicos | 24 |
| 1.3.3 Productos utilizados en la preparación de abonos orgánicos | 25 |
| 1.3.4 Abonos orgánicos reforzados | 25 |
| 1.3.5 El compostaje | 26 |
| 1.4 ABONO ORGÁNICO INAGRO | 27 |
| 1.4.1 Producción del abono orgánico INAGRO | 27 |
| 1.4.2 Seguimiento realizado al proceso de producción de INAGRO | 28 |
| 2. METODOLOGÍA | 30 |
| 2.1 LOCALIZACIÓN | 30 |
| 2.2 ACTIVIDADES REALIZADAS | 31 |
| 2.2.1 Diseño Experimental | 32 |
| 2.2.2 Especificaciones del ensayo | 33 |

| | pág. |
|--|------|
| 2.2.3 Manejo agronómico del cultivo | 33 |
| 2.2.4 Variables Evaluadas | 35 |
| 3. RESULTADOS | 38 |
| 3.1 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays) | 38 |
| 3.1.1 Altura de la planta | 38 |
| 3.1.2 Número de hojas | 39 |
| 3.1.3 Número de mazorcas por planta | 40 |
| 3.1.4 Tamaño de la mazorca | 40 |
| 3.1.5 Número de granos por mazorca | 42 |
| 3.1.6. Cosecha | 43 |
| 3.1.7 Rendimiento | 45 |
| 3.2 COMPARACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE SUELO ANTES DE LA SIEMBRA Y DESPUÉS DE LA COSECHA | 46 |
| 3.3 RELACIÓN COSTO/BENEFICIO | 48 |
| 4. CONCLUSIONES | 49 |
| 5. RECOMENDACIONES | 50 |
| BIBLIOGRAFÍA | 51 |
| ANEXOS | 55 |

LISTA DE CUADROS

| | pág. |
|---|------|
| Cuadro 1. Clasificación botánica | 19 |
| Cuadro 2. Parámetros mínimos y máximos que establece la Norma NTC 5167 para la producción de abonos Orgánicos | 23 |
| Cuadro 3. Características Físico - Químicas de INAGRO | 29 |
| Cuadro 4. Valores de temperatura y precipitación en el periodo noviembre 2009 – Abril 2010, en la meseta de Popayán, Departamento del Cauca | 31 |
| Cuadro 5. Características agronómicas Maíz variedad clavo | 31 |
| Cuadro 6. Descripción de los tratamientos | 32 |
| Cuadro 7. Descripción de áreas a utilizar en campo | 33 |
| Cuadro 8. Promedio altura de planta | 38 |
| Cuadro 9. Promedio número de hojas por planta | 39 |
| Cuadro 10. Promedio de mazorcas por planta | 40 |
| Cuadro 11. Tamaño promedio de la mazorca | 41 |
| Cuadro 12. Promedio número de granos por mazorca | 42 |
| Cuadro 13. Promedio rendimiento | 45 |
| Cuadro 14. Comparación análisis de suelo antes y después de la cosecha | 47 |
| Cuadro 15. Interpretación de resultados | 47 |
| Cuadro 16. Costo – Beneficio | 48 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Mapa ubicación departamento del Cauca y municipio de Popayán | 30 |
| Figura 2. Semilla de maíz Clavo | 31 |
| Figura 3. Distribución de tratamientos y repeticiones | 32 |
| Figura 4. Ubicación del proyecto de investigación | 33 |
| Figura 5. Plantas de maíz a los ocho días después de la siembra | 34 |
| Figura 6. <i>Spodoptera sp.</i> , atacando una mazorca | 35 |
| Figura 7. Medida de la altura de las plantas de maíz | 35 |
| Figura 8. Número de hojas por planta de maíz | 35 |
| Figura 9. Número de mazorcas por planta | 36 |
| Figura 10. Tamaño de la mazorca | 36 |
| Figura 11. Conteo de número de granos por mazorca | 36 |
| Figura 12. Peso de mazorcas después de la cosecha | 37 |
| Figura 13. Altura promedio de plantas de maíz | 38 |
| Figura 14. Número de hojas promedio por planta | 39 |
| Figura 15. Número de mazorcas por planta | 41 |
| Figura 16. Tamaño promedio de mazorcas por planta | 41 |
| Figura 17. Número de granos por mazorca | 42 |
| Figura 18. Tratamiento testigo T ₆ | 43 |
| Figura 19. Tratamiento T ₅ | 43 |
| Figura 20. Tratamiento T ₄ | 43 |
| Figura 21. Tratamiento T ₃ | 44 |
| Figura 22. Tratamiento T ₂ | 44 |

| | pág. |
|--|------|
| Figura 23. Tratamiento T ₁ | 44 |
| Figura 24. Determinador de humedad MH302 | 45 |
| Figura 25. Producción de maíz | 45 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág. |
|---|------|
| Anexo A. Registro ICA | 55 |
| Anexo B. Hoja de evaluación | 56 |
| Anexo C. Anova de los efectos de los tratamientos sobre cada una de las variables evaluadas | 57 |
| Anexo D. Variables vegetativas y de producción, a los 49 días después de la siembra | 59 |
| Anexo E. Análisis de costos de producción por tratamiento | 60 |

RESUMEN

El estudio se realizó en la finca “Mi Terruño”, en la vereda Alto Puelenje, situada al sur Occidente del municipio de Popayán, departamento del Cauca, con el objeto de evaluar la producción de maíz (*Zea mays*), de la variedad regional clavo de grano blanco, como resultado de la aplicación de cinco dosis diferentes de abono orgánico comercial Inagro, evaluando los parámetros: tasa de desarrollo mediante la altura de planta, número de hojas y mazorcas, rendimiento obtenido a través del tamaño y número de granos.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con seis tratamientos incluyendo el testigo, distribuidos en tres bloques con tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en aplicaciones de 0, 50, 75, 100, 150 y 200 gramos por sitio de abono orgánico comercial Inagro al momento de la siembra y los resultados sometidos a un ANOVA, que mostró la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Duncan.

En cuanto a los contenidos nutricionales del suelo se observaron cambios en las características químicas después de la cosecha. Respecto a las características físicas, los resultados no arrojaron diferencias significativas. En relación al rendimiento, el tratamiento T4 de 150 g del abono Orgánico Inagro presentó los mejores resultados 1.038 Kg/ha y referente a la relación costo-beneficio, el T1 de 50 g tuvo un mejor comportamiento, lográndose una mayor tasa de retorno económica.

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo establecer que una sola aplicación de abono orgánico Inagro al momento de la siembra en el cultivo de maíz, se puede constituir en alternativas económicas para el pequeño productor a la hora de buscar un incremento en la producción.

ABSTRACT

The study was carried out in the farm " Mi Terruño ", in the county "Alto Puelenje", placed in the southern part West of Popayan city, department of the Cauca, in order to evaluate the production of Corn (*Zea mays*), of the regional variety of white grain called Nail, obtained with the application of five different doses from organic fertilizer INAGRO, valuing the parameters: the development rate, evaluated by means of the height of plant, The number of leaves, the yield obtained across the number, the size of corncob, the number of grains obtained in every treatment

An experimental design of blocks was in use completely at random with six (6) treatments including a witness, distributed in three blocks with three repetitions. The treatments consisted of applications of 0, 50, 75, 100, 150 and 200 grams of organic fertilizer Inagro only to the moment of the sowing and the results submitted to an ANOVA, it shows the existence of significant differences between the treatments, for that one proceeded to realize Duncan's test.

Referring to the nutritional contents from the ground, it can observed changes in the chemical characteristics before and after the sowing. Regarding the physical characteristics, the results did not show significant differences and as for the yield, the treatment T4 of 150 grams of the Organic fertilizer Inagro presented the best results (1038,89 Kg/ha) and as for the relation cost-benefit, the T1 (50 gr) had a better behavior in the study, achieving a major rate de returns as for the realized investment.

GLOSARIO

ABONOS ORGANICOS: son todas las sustancias orgánicas de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el fin de mejorar su fertilidad.

BIODIVERSIDAD: comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones y con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta.

BIOMASA: la biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material de vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o animales.

BLOQUES COMPLETOS AL AZAR: las unidades experimentales están agrupadas primero en grupos homogéneos llamados bloques y los tratamientos están asignados al azar dentro de los bloques. Es llamado completo debido a que cada bloque recibe todos los tratamientos. La variabilidad no controlada por las fuentes extrañas es ahora controlada por el bloqueo. Esta estrategia de diseño puede mejorar la exactitud de las comparaciones entre tratamientos reduciendo la variabilidad entre las unidades experimentales.

COMPOSTAJE: es el proceso biológico por el cual los microorganismos actúan sobre la materia orgánica en condiciones controladas, descomponiéndola rápidamente, permitiendo obtener un compost.

DESCOMPOSICIÓN: la descomposición o degradación es un fenómeno común en las ciencias biológicas y químicas. En biología, el término descomposición refiere a la reducción del cuerpo de un organismo vivo a formas más simples de materia. .

ECOTIPOS: es una subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, un ambiente particular o un ecosistema definido, con unos límites de tolerancia a los factores ambientales.

FERTILIDAD DEL SUELO: es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

FITOTOXINAS: son gruesas moléculas proteínicas, que generalmente pueden ser destruidas por un prolongado calentamiento.

FUNGICIDAS: son sustancias tóxicas que se emplean para impedir el crecimiento de matar los hongos y mohos perjudiciales para las plantas, los animales o el hombre.

HERBICIDA: es un producto fitosanitario utilizado para eliminar plantas indeseadas. Algunos actúan interfiriendo con el crecimiento de las malas hierbas y se basan frecuentemente en las hormonas de las plantas.

HUMUS: es la sustancia compuesta por determinados productos orgánicos, de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de restos orgánicos como hongos y bacterias. Se caracteriza por su color negro debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en las partes altas de los suelos con actividad orgánica.

LOMBRICOMPOST: resulta de la transformación de materiales orgánicos al pasar por el intestino de las lombrices, en donde se mezcla con elementos minerales, microorganismos y fermentos, que provocan cambios en la bioquímica de la materia orgánica.

MACRONUTRIENTES: son aquellos nutrientes que suministran la mayor parte de la energía metabólica del organismo. Los principales son glúcidos, proteínas y lípidos.

MICRONUTRIENTES: las sustancias que el organismo de los seres vivos necesita en pequeñas dosis. Son indispensables para los diferentes procesos bioquímicos y metabólicos de los organismos vivos

MICROORGANISMOS DEL SUELO: constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo, se encuentran en el suelo, son bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios. Un suelo fértil es aquel que contiene una reserva adecuada de elementos nutritivos disponibles para la planta, o una población microbiana que libere nutrientes que permitan un buen desarrollo vegetal.

MINERALIZACION: proceso que ocurre en el suelo fundamentalmente biológico de transformación de los residuos animales y vegetales en sustancias minerales inorgánicas sencillas y solubles.

MONOCULTIVO: se refiere a plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética, utilizando los mismos métodos de cultivo para toda la plantación, lo que hace más eficiente la producción a gran escala.

MONOICA: cuando una especie contiene órganos sexuales femeninos y masculinos en una misma planta.

NITRÓGENO: El nitrógeno es componente esencial de los aminoácidos y los ácidos nucleicos, vitales para la vida y los seres vivos.

NUDOS: región del tallo de la planta, de estructura anatómica diferenciada, donde se desarrolla una hoja en cuya axila puede formarse una yema capaz de dar origen a una rama.

PARÁSITOS: un parásito es aquel ser vivo que se nutre a expensas de otro ser vivo de distinta especie sin aportar ningún beneficio a este.

PATÓGENO: es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedades o daños a la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predisuesto.

POLINIZACIÓN: es el proceso de transferencia del polen desde los estambres hasta el estigma o parte receptiva de las flores en las angiospermas, donde germina y fecunda los óvulos de la flor, haciendo posible la producción de semillas y frutos.

RENDIMIENTO: para la agricultura, el rendimiento es la producción obtenida de acuerdo a la superficie. Por lo general, se utiliza para su medición la tonelada por hectárea (Ton/Ha).

RESIDUOS: aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

SUELO: el suelo es una mezcla de minerales, materia orgánica, bacterias, agua y aire. Se forma por la acción de la temperatura, el agua, el viento, los animales y las plantas sobre las rocas. Estos factores descomponen las rocas en partículas muy finas y así forman el suelo.

TRADICIONAL: es el conjunto de patrones culturales que una generación hereda de las anteriores y, usualmente por estimarlos valiosos, trasmite a las siguientes.

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años los abonos orgánicos fueron la única fuente utilizada para mejorar y fertilizar los suelos. En sus formas simples como son los residuos de origen vegetal y animal y después en sus formas más elaboradas como el compost, su aplicación se puede hacer en todo tipo de suelo con potencial agrícola, ya que proporciona los nutrientes y propiedades físico-químicas que son alteradas por las labores propias de la agricultura (Acuña, 2003).

El modelo de la agricultura actual ha causado un gran impacto ecológico, deteriorando en gran medida los recursos naturales. La agricultura intensiva, la cual requiere una gran cantidad de insumos agrícolas por unidad de área tales como: fertilizantes químicos, plaguicidas, herbicidas, maquinaria agrícola y semillas mejoradas genéticamente, debe propender por desarrollar procesos productivos que utilicen tecnologías con miras a preservar el medio ambiente (Carvajal, 1998).

El cultivo de maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos más frecuentes entre los pequeños productores del Departamento del Cauca y es la base de la alimentación del municipio, donde algunos agricultores acostumbran a cultivarlo intercalado o en asocio pero también lo explotan como monocultivo (POT, 2011).

Los principales problemas del cultivo de maíz (*Zea mays*), están asociados con la baja productividad por hectárea y los altos costos de producción, los cuales incluyen las inversiones en fertilizantes (Silva, 2005).

Los efectos del compost se han estudiado principalmente en hortalizas como el tomate, brócoli y el ají y son pocos los estudios que se han realizado en cuanto a la producción orgánica en maíz (*Zea mays*), con respecto a investigaciones que durante varios años se han realizado sobre la fertilización química o mineral de este cultivo. Generalmente las recomendaciones técnicas que se hacen para la fertilización son basándose en experiencias particulares de productores o de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se adelantó el presente estudio en el Municipio de Popayán, encaminado a evaluar el efecto de cinco dosis del abono orgánico comercial Inagro aplicados al momento de la siembra en un cultivo de maíz variedad regional clavo, para determinar mediante el rendimiento expresado en Kg/ha, las posibles alternativas que puedan adoptar los agricultores caucanos para lograr mejores producciones, analizando además los efectos sobre las características físico-químicas del suelo, ocurridos antes de la siembra y después de la cosecha y así establecer recomendaciones técnicas propias de este cultivo.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*)

En el país, el maíz ha sido uno de los alimentos básicos desde antes de la llegada de los españoles. Es una de las especies que más influencia ha presentado en los sistemas productivos pues es primordial en la seguridad alimentaria como lo evidencia la cantidad de variedades presentes en todo el territorio nacional. Según los estudios, en Colombia existen 23 razas de maíz y en los bancos nacionales de germoplasma se tiene registradas 5.600 accesiones. Existe una enorme variabilidad entre plantas de la misma raza, razón por la que los campesinos e indígenas reconocen gran cantidad de variedades y ecotipos y, probablemente una misma variedad tenga diferentes nombres en distintas zonas del país (Salgar, 2005).

Según cifras del Ministerio de Agricultura, el cultivo de maíz ocupa en Colombia una extensión de 614.509 hectáreas, con una producción estimada de 1.398.723 millones de toneladas, discriminadas entre maíz blanco y maíz amarillo, el primero de los cuales se dedica preferencialmente al consumo humano y el segundo al consumo animal, en forma indirecta o como insumo para la fabricación de alimentos balanceados (Pavel, 2010).

Según la misma fuente en el país se cultivan dos tipos de maíz: amarillo y blanco. El amarillo se usa principalmente para consumo animal e industrial y una pequeña parte para consumo humano. Debido al incremento en la demanda y a los programas de fomento del Ministerio de Agricultura y FENALCE, el maíz amarillo ha venido creciendo hasta representar en el año 2009, el 66% de la producción nacional, desplazando así en importancia al maíz blanco. El blanco se utiliza esencialmente para consumo humano y su Producción que representó cerca del 60% del total nacional hasta 1998, ahora es solo del 34% (Pavel, 2010).

El consumo total de maíz amarillo, el 75% corresponde a la industria de alimentos balanceados para animales el resto tiene diferentes usos. El maíz blanco se estima que está destinado en su mayoría al consumo humano y sus principales usos son la trilla (62%) y las harinas precocidas (25%) (Pavel, 2010).

El maíz (*Zea mays*), es una especie monocotiledónea anual, semestral, trimestral, perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas).

Cuadro 1. Clasificación botánica

| | |
|-----------------|------------------|
| Reino | Vegetal |
| Clase | Angiospermae |
| Subclase | Monocotyledoneae |

Cuadro 1 (Continuación)

| | |
|---------------------|----------------------|
| Orden | Glumiflorae |
| Familia | Graminaceae |
| Género | <i>Zea</i> |
| Especie | <i>mays</i> |
| Nombre Común | Maíz, Choclo, Elote. |

Según (Fenalce, 2009), el sistema radicular del maíz es fasciculado, de gran potencia y de rápido desarrollo. El tallo puede elevarse a alturas de hasta 4 m e incluso más en algunas variedades, considerando este parámetro como el más importante, ya que indica la velocidad de crecimiento y que se determina por la elongación del tallo, en donde se almacena nutrientes en su interior, producidos durante el proceso de la fotosíntesis, que a su vez son transferidos a la mazorca en el proceso de llenado de grano. Las hojas son anchas y abrazadoras, a diferencia de los demás cereales, de cada nudo que forma la planta da origen a una hoja (Robles, 1990).

Es una especie monoica, lo que significa que sus inflorescencias, masculina y femenina se ubican separadas dentro de una misma planta; esto determina además que su polinización sea fundamentalmente cruzada. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C (Fenalce, 2009).

En el país, el maíz se cosecha en diferentes estados de madurez, mazorca o chocado y maíz seco. Para mazorca se cosecha 30 a 40 días después de la floración y para grano seco 60 a 80 días después de la floración (140 a 170 días después de la siembra) con un contenido de humedad de 16 a 20%. Las variedades empleadas en la zona central cafetera producen entre 2.5 y 3.2 ton/ha (Fenalce, 2009).

1.1.1 Sistemas de cultivo del maíz. Los sistemas de cultivo de maíz en Colombia se pueden clasificar en el sistema tecnificado y el sistema tradicional, aunque es frecuente la combinación de ellos (Salgar, 2005).

Sistema tecnificado. Hace referencia a los monocultivos de más de cinco hectáreas. Se desarrolla en terrenos planos, de buena fertilidad y disponibilidad de agua; utiliza tecnologías basadas en la mecanización para la preparación del suelo y la siembra, el uso de semillas mejoradas, fertilizantes y plaguicidas químicos.

Sistema tradicional. De la que hace parte aproximadamente el 85% de la producción nacional se adelanta en muchas regiones del país, en donde predomina la economía campesina. En general se realiza en suelos con baja fertilidad y en minifundios menores a cinco hectáreas. Generalmente se lleva a cabo con capital propio pero en algunos casos se usan créditos. Es frecuente el crédito en especie mediante suministro de bienes

básicos para ser pagados con la cosecha. En general el cultivo del maíz se basa en el uso de una amplia diversidad de variedades criollas y la utilización limitada de híbridos. La mano de obra es familiar, el grado de mecanización es muy bajo al igual que el uso de insumos químicos. La preparación del suelo es mínima, se hace arando con bueyes y azadón y se siembra a chuzo. En zonas frías generalmente se siembra en asocio con frijol, papa, haba y arveja, usando como cultivo de rotación el trigo y la papa, mientras que en zonas cálidas se asocia con yuca, café, cacao, plátano y frijol. Los rendimientos de la producción tradicional no son altos, en gran parte, porque las tierras usadas para ello son generalmente suelos pobres y, además, en muchos casos no se utilizan las semillas adecuadas para estas condiciones.

El maíz es esencial para la alimentación humana y animal y fuente de materias primas para la industria. Es usado para producir forraje así como base para la fabricación de una gran cantidad de alimentos y de productos farmacéuticos e industriales, entre ellos, concentrado animal, papel, refrescos, caramelos, tintas, pegamentos, plástico biodegradable, productos de panificación, productos lácteos, salsas, sopas, pinturas, helados, alcohol, aceite comestible, cosméticos, sabores, y una lista casi interminable de productos (Silva, 2005).

1.1.2 Razas Colombianas de Maíz. El uso potencial de las razas Colombianas de maíz fue reconocido hace más de cincuenta años; existen 23 razas de maíces colombianos, agrupadas en tres categorías. En relación con su origen probable, éstas son razas primitivas e introducidas y razas híbridas originadas en Colombia y forman parte de la colección Colombiana de Maíz (Robert, *et al.*, 1957).

Según, Cardona (2010), el banco colombiano de razas criollas posee genotipos con adaptación a todos los pisos térmicos, que por años fueron cultivados y seleccionados por nuestros antepasados campesinos. Con el nuevo análisis realizado a la diversidad genética de las razas colombianas de maíz, se encontraron, dos razas primitivas, Pira-Pollo, siete razas probablemente introducidas Pira naranja, Clavo, Guirua, Cariaco, Andaqui, Imbricado y Sabanero, y doce razas híbridas colombianas, Cabuya, Montaña, Capiro, Amagaceño, Común, Yucatán, Cacao, Costeño, Negrito, Puya, Puya grande y Chococeño.

Según Gómez (1999), el cultivo de maíz en los municipios del sur del departamento del Cauca se siembra tradicional con los materiales Rocol y Clavo, la semilla se produce en la finca del agricultor y debido a la mezcla de materiales, se ha perdido su calidad y rendimiento.

1.2 AGRICULTURA ORGÁNICA

La agricultura orgánica sustentable plantea la posibilidad de garantizar una estabilidad presente y futura no solo para la población rural sino también para la urbana, al ofrecer

alimentos de buena calidad y en cantidad suficiente conservando los recursos naturales (Ramírez, 1998).

1.2.1 Materia Orgánica. Los componentes de la materia orgánica del suelo son los organismos vivos del suelo, sus productos metabólicos, restos de estos seres y de hojarascas, restos en vía de descomposición, humificación y humus. En suelos cultivados debe añadirse a esta lista la materia orgánica que procede de los cultivos anteriores y los elementos orgánicos aportados por el abono. Además de los procesos de degradación de la materia orgánica también puede haber síntesis microbiana que acaba produciendo secreciones diversas, vitaminas, antibióticos, fitoreguladores, aminosacáridos, quitina aportada por los hongos, fauna del suelo, glucógeno, etc. La velocidad del proceso de mineralización está condicionada por factores internos propios de su naturaleza y otros externos como la temperatura, la humedad, el pH, la textura, estructura, laboreo y en general el manejo del suelo. En los agroecosistemas sostenibles interesa un grado de mineralización alrededor del 2 % anual, que permita una liberalización importante de elementos fertilizantes, pero al mismo tiempo conserve un nivel aceptable de materia orgánica, mediante aportes anuales que contrarresten la mineralización (Fuentes, 2007).

La forma en que la planta absorbe los elementos, es cuando la materia orgánica se mineraliza o descompone por acción microbiana, liberando nitrógeno, fósforo, azufre y algunos micronutrientes. Existen dos etapas en el proceso de descomposición: una es la inmovilización, que es la asimilación de los elementos minerales por la biomasa microbiana y la otra es la mineralización que es el proceso de convertir las formas orgánicas de N, P, K y otros, a formas inorgánicas disponibles para la planta; durante la mineralización, los microorganismos liberan estos nutrientes colocándolos a disposición de las plantas (Herrera, 2001).

Funciones de la materia orgánica del suelo. Según Navas (2008) entre las funciones más importantes, se encuentran:

Aportar nutrientes para el crecimiento de las plantas.

Activar biológicamente el suelo, por el aporte del alimento para los microorganismos.

Mejorar la estructura del suelo.

Aumentar la capacidad de retención de agua del suelo.

Aumentar la temperatura del suelo.

Aumentar la fertilidad potencial del suelo.

Disminuir la compactación del suelo y favorecer la labranza.

Reducir las pérdidas de suelo por la erosión causada por el agua y el viento.

1.3 ABONOS ORGÁNICOS

Son todas las sustancias orgánicas de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el fin de mejorar su fertilidad; es una técnica tradicional y muy eficaz para mejorar producción y productividad de los cultivos, ya que mediante este sistema se añaden al suelo todas las sustancias necesarias para las plantas, sin embargo, la proporción de nutrientes no es siempre la más adecuada, por lo que requiere el uso complementario de refuerzos minerales (Rosas, 2007).

Los abonos orgánicos aportan nutrientes y microorganismos al suelo, pueden ser aprovechados por las plantas y mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo y para hacer disponibles los nutrientes que se encuentran en él (Meléndez, 2003).

Los abonos orgánicos contienen Nitrógeno en cantidades variables, que se va liberando lentamente junto a las necesidades del cultivo, por esta razón, una distribución inicial única es suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo (Gómez, 2004).

Alcanzar la mayor eficiencia en el uso de todo tipo de materia orgánica que puedan ser procesadas como abonos orgánicos para su aplicación al suelo, constituye una tarea de primer orden para los productores, funcionarios y científicos que de una u otra manera intervienen en el proceso de producción agrícola (Turruella, 2002).

La producción de abonos orgánicos en Colombia, es regida bajo la norma ICONTEC 5167, la cual establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los que deben ser sometidos los productos orgánicos, que serán utilizados bien sea como abonos, fertilizantes o enmiendas del suelo.

Cuadro 2. Parámetros mínimos y máximos que establece la Norma NTC 5167 para la producción de abonos Orgánicos

| Parámetro | Límite Norma |
|--------------------|--------------|
| | Mín – Máx |
| Nitrógeno % | 1,5 |
| Fósforo % | 1,0 – 4,0 |
| Relación C/N | < 20 |
| Materia orgánica % | > 20 |
| Carbono orgánico % | 5-15 |

Fuente: ICONTEC NTC 5167

1.3.1 Efectos de los abonos orgánicos sobre el suelo. Los abonos orgánicos generan ventajas y cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Propiedades Físicas. Según Navas (2008) en las propiedades físicas se pueden encontrar efectos como:

Absorbe más la radiación solar por el color oscuro del abono, el suelo adquiere más temperatura y hay mayor facilidad de absorción de los nutrientes.

Mejora la estructura y textura del suelo, hace más ligeros los suelos arcillosos y más compactos los arenosos.

Mejora la permeabilidad del suelo, el drenaje y la aireación.

Disminuye la erosión del suelo causada por el agua y el viento.

Aumenta la retención de agua en el suelo; mayor absorción de agua de lluvia o de riego y mayor retención de humedad en el verano.

Propiedades químicas. De acuerdo con Navas (2008) en las propiedades químicas se desarrollan cambios como:

Reducción de las oscilaciones de pH en el suelo.

Aumento de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo (CIC), con lo que se incrementa su fertilidad.

Propiedades biológicas. Entre los efectos que generan en la biología del suelo se encuentra que:

Favorecen la actividad de los microorganismos aeróbicos del suelo y se constituyen en una fuente de energía, por lo cual se multiplican rápidamente (Navas, 2008).

Pueden prevenir y controlar la severidad de las enfermedades del suelo y su acción se basa en los siguientes efectos: Incrementa la capacidad biológica del suelo para amortiguar los patógenos, reduce el número de patógenos por la competencia que se establece por el incremento de microorganismos del suelo no patógenos, aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal en el proceso de mineralización del abono orgánico y aumenta la capacidad de los hospedantes para provocar el rechazo de los patógenos (Martínez, 1999).

1.3.2 Respuesta de los cultivos al uso de abonos orgánicos. Los cultivos en general muestran altas respuestas a la aplicación de abonos orgánicos, los cuales durante muchos años, han estado sometidos al uso tradicional de cultivos año con año. Aunque los abonos orgánicos contienen una concentración baja de nutrimentos en comparación a los fertilizantes químicos, la disponibilidad de estos es más constante durante el desarrollo

del cultivo por la mineralización gradual a que están sometidos los materiales orgánicos. El abono orgánico está considerado como un abono universal por el hecho de que aporta casi todos los nutrimentos que las plantas requieren para su desarrollo (Martínez, 1999).

Según Santos (1987), las características químicas del suelo cambian con la aplicación de abonos orgánicos, derivado de esto, aumenta el porcentaje de Nitrógeno total, la capacidad de intercambio catiónico y la concentración de sales. En la mayoría de las investigaciones el resultado del incremento de la actividad biológica, repercute en el mejoramiento de la estructura del suelo por el efecto que los productos de la descomposición ejercen sobre las partículas del suelo; las condiciones de fertilidad aumentan lo cual hace que el suelo tenga la capacidad de sostener un cultivo rentable, además se obtiene un medio biológicamente eficaz, donde hay relación entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica.

1.3.3 Productos utilizados en la preparación de abonos orgánicos. Según Martínez (1999), para la elaboración de abonos orgánicos los productores utilizan diversos subproductos y residuos, entre ellos se encuentran:

Estiércoles. De bovinos, aves, cerdos, caballos, conejos y ovejas.

Cantidad de estiércol producido por animales. Puede calcularse que la cantidad total de estiércol (deyecciones y cama) por año, es igual a 25 o 30 veces el peso vivo de los animales. Durante la conservación, el estiércol está sujeto a pérdidas en peso y volumen.

Residuos de cosecha. Pulpa de café, cáscara de mazorca de cacao, vástagos y pseudotallos de plátano, hojas de crucíferas, hojas y tallos de yuca, rastrojo, vainas de leguminosas, residuos de plantaciones de flores, capachos de coco, panojas de sorgo, capachos y tuzas de maíz, cebada y sorgo.

Residuos de la agroindustria. Cenizas, cascarilla de arroz, salvado, restos de semilla, cascaras de frutas, cachaza, mieles.

Subproductos de matadero. Harinas de hueso, cuernos, pezuñas, pescado, plumas, picos y uñas, sangre y contenido ruminal.

Desechos de plazas y centrales de abasto. Lodos de aguas residuales, abonos verdes, abonos líquidos, humus de lombriz y compost.

1.3.4 Abonos orgánicos reforzados. Estos se pueden dar mezclando recursos orgánicos o adicionándoles determinado tipo de nutrientes, con el fin de mejorar el

balance de nutrientes y su calidad. Entre los elementos que usan para reforzar los compostajes y lombricompostos encontramos: roca fosfórica, cal agrícola o dolomita, yeso agrícola, polihalita (K), cenizas de madera (Ca, Si, K) y micorrizas (Martínez, 1999).

1.3.5 El compostaje. Es el proceso biológico por el cual los microorganismos actúan sobre la materia orgánica en condiciones controladas, descomponiéndola rápidamente, permitiendo obtener un compost que es un abono excelente para nuestros cultivos (Gómez, 2004).

En un proceso de compostaje pueden distinguirse diferentes etapas. En primer lugar y dependiendo de la materia prima de partida, suele ser necesario realizar tratamientos del material previos para facilitar la fase de fermentación propiamente dicha (Turruella, 2002).

Durante el compostaje se produce una etapa termofílica (45°C – 65°C) que elimina microorganismos patógenos, toxinas y semillas indeseables presentes en los residuos orgánicos. Pasada la etapa termofílica la temperatura desciende hasta nivelarse con la ambiental (Gómez, 2004).

Propiedades del compost. Gómez (2004), afirma que los beneficios más importantes que ofrece el compost son:

Mejorar las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtiene además suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

Mejorar las propiedades químicas del suelo. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

Mejorar la actividad biológica. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

Factores de control para un buen compostaje. De acuerdo con Gómez (2004) para el control de un buen compostaje se debe tener en cuenta factores como:

Temperatura. Entre 40° - 45°C, para eliminar patógenos, parásitos y semillas de plantas no deseables.

Humedad. Debe estar entre el 40% - 60%, para mantener la gestión biológica de los microorganismos e iniciar los procesos de degradación de la materia orgánica de difícil descomposición.

pH. Actúa sobre los microorganismos, los hongos toleran un pH de 5 a 8 y las bacterias de 6 a 7.5.

Oxígeno. Es esencial ya que el proceso de compostaje es aeróbico. Su concentración depende de las materias primas, la textura, la humedad, la frecuencia del volteo y la aireación.

Relación C/N. El Carbono y el Nitrógeno son constituyentes básicos de la materia orgánica. Para un compost de buena calidad, es importante una relación equilibrada entre los dos C: N (25-35:1 es la adecuada). Esta relación varía según las materias primas.

Población microbiana. Bacterias, hongos y actinomicetos.

Proceso del compostaje. De acuerdo con Aubert (1998) el proceso para la preparación del compost se divide en varios periodos teniendo en cuenta la evolución de la temperatura:

Mesofílico. La masa vegetal se encuentra a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

Termofílico. Cuando se alcanza una temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60°C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporigeneas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, las proteínas y hemicelulosas.

Enfriamiento. Cuando la temperatura es menor de 60°C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40°C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

1.4 ABONO ORGÁNICO INAGRO

El abono orgánico INAGRO se encuentra registrado ante el ICA con el No. 5728 (anexo A), como acondicionador de suelo; es un compuesto con un granulado fino, debidamente certificado para el uso en el mejoramiento de las condiciones de fertilidad y actividad biológica de los suelos, el cual cumple con las condiciones requeridas por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA para su producción y comercialización y por lo tanto, también es sometido a programas de control permanente para verificar su calidad por parte de esa entidad.

1.4.1 Producción del abono orgánico INAGRO. El procedimiento realizado para la producción del abono INAGRO, se fundamenta en cinco etapas básicas:

Primera Etapa. Recolección selectiva de la materia prima.

Segunda Etapa. Compostaje.

Tercera Etapa. Producción de lombricompuesto.

Cuarta Etapa. Molienda.

Quinta Etapa. Empaque, pesaje y almacenamiento.

1.4.2 Seguimiento realizado al proceso de producción de INAGRO. Teniendo en cuenta el registro avalado por el ICA del abono orgánico INAGRO, a continuación se describe el seguimiento que se realiza para la obtención del producto:

Controles del proceso: Temperatura, olores, humedad y la posible presencia de insectos, uso de plástico negro, con el que se cubre el material utilizado como materia prima, volteos permanentes de las materias primas y productos.

Medidas de seguridad. Casco, gafas, respirador, tapa oídos, guantes, overol y botas.

Sistema de loteos. Dada la estabilidad de la materia prima y la uniformidad del proceso, los lotes se establecen por temporadas de cuatro meses, originándose así tres lotes anuales:

Primer lote. Enero, Febrero, Marzo y Abril.

Segundo lote. Mayo, Junio, Julio y Agosto.

Tercer lote. Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.

Toma de muestras para el control de calidad. En la última semana de cada periodo de cuatro meses se toma diariamente y al azar una submuestra para ser mezclada el último día, obteniendo de ellas una gran muestra representativa, que luego es enviada al laboratorio con el que se tiene establecido un contrato previo para el control de calidad del producto, el cual tiene que estar registrado ante el ICA.

Liberación de lotes. Como el año se divide en tres periodos de cuatro meses cada uno, la identificación de los lotes se hace con un número de tres cifras: la primera corresponde al periodo del cuatrimestre y las otras dos a las dos últimas cifras del año. Ejemplo: Un lote de Diciembre del 2006 corresponde al tercer periodo y al año 2006, por lo tanto se identifica con el número 306.

Disposición de residuos. Como la primera selección se hace en el sitio donde se recoge la materia prima, los residuos no utilizables que llegan a la planta son mínimos y ellos son depositados en una caneca para luego ser empacados en sacos de polipropileno y llevados al centro de acopio de basuras del Municipio. Estos residuos en su mayoría son vasos desechables y bolsas plásticas pero en cantidades mínimas.

Composición del abono orgánico INAGRO

Cuadro 3. Características Físico - Químicas de INAGRO

| Compuestos | Concentración |
|------------------------------------|------------------------|
| Nitrógeno total (N) | 1.00 % |
| Fosforo total (P) | 1.00% |
| Potasio total (K) | 1.00% |
| Carbono orgánico oxidable | 17.00% |
| Contenido de cenizas | 48.00% |
| Capacidad de intercambio catiónico | 32.14 meq/100 gr |
| Capacidad de retención de humedad | 121 % |
| pH | 7.00 |
| Densidad | 0.53 g/cm ³ |
| Humedad máxima | 20.0 % |

Fuente: Laboratorio del sector agrícola ganadero – SAG, 2010.

2. METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto de investigación se llevó a cabo en la finca “Mi Terruño”, vereda Alto Puelenje, situada en las coordenadas 02° 25´ 00’’ N, Latitud 76° 38´00’’ W Longitud, al sur Occidente del municipio de Popayán, departamento del Cauca, a dos kilómetros de la ciudad.

Figura 1. Mapa ubicación departamento del Cauca y municipio de Popayán



Fuente. Adaptado de Municipio de Popayán, 2011

Según el plan de ordenamiento territorial POT, la zona de estudio se ubica a una altitud de 1700 msnm, con una temperatura ambiente promedio de 19°C, humedad relativa del 85% y precipitación anual de 1900 a 2000 mm, estas condiciones atmosféricas corresponden a un clima medio.

El trabajo de campo se realizó entre el 7 de Noviembre 2009 y el 30 de Abril de 2010, utilizando cinco dosis diferentes del abono orgánico INAGRO y semilla de maíz de la variedad Clavo, de altura mediana y de grano blanco (figura 2).

Figura 2. Semilla de maíz Clavo



2.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

Selección del área a sembrar en la Vereda Puelenje, preparación y trazado de los lotes, identificación de la variedad de maíz, plano de campo, siembra, seguimiento agronómico y fitosanitario en el área sembrada (figura 4), toma de información relacionada con las variables a medir, además la interpretación de los análisis de suelos tomados antes de la siembra del ensayo y finalizado el estudio.

Adicionalmente se obtuvieron datos climáticos de precipitación y temperatura en la zona de estudio durante el período del trabajo tomados de la Estación meteorológica del aeropuerto Guillermo León Valencia (cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de temperatura y precipitación en el periodo noviembre 2009 – Abril 2010, en la meseta de Popayán, Departamento del Cauca

| Año | Mes | T° mínima | T° máxima | Precipitación mm |
|------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| 2009 | Noviembre | 14,11 | 26,5 | 18,48 |
| 2009 | Diciembre | 13,94 | 25,9 | 14,8 |
| 2010 | Enero | 12,72 | 26,53 | 8,66 |
| 2010 | Febrero | 14,25 | 28,96 | 10,4 |
| 2010 | Marzo | 14,53 | 26 | 8,86 |
| 2010 | Abril | 14,57 | 25,17 | 10,01 |

Fuente: Aeropuerto Guillermo León Valencia, 2011.

La precipitación promedió durante los seis meses de evaluación fue de 11,86 mm, presentándose un periodo con poca lluvia con temperaturas comprendidas entre 14° C a 28 ° C.

Cuadro 5. Características agronómicas Maíz variedad clavo

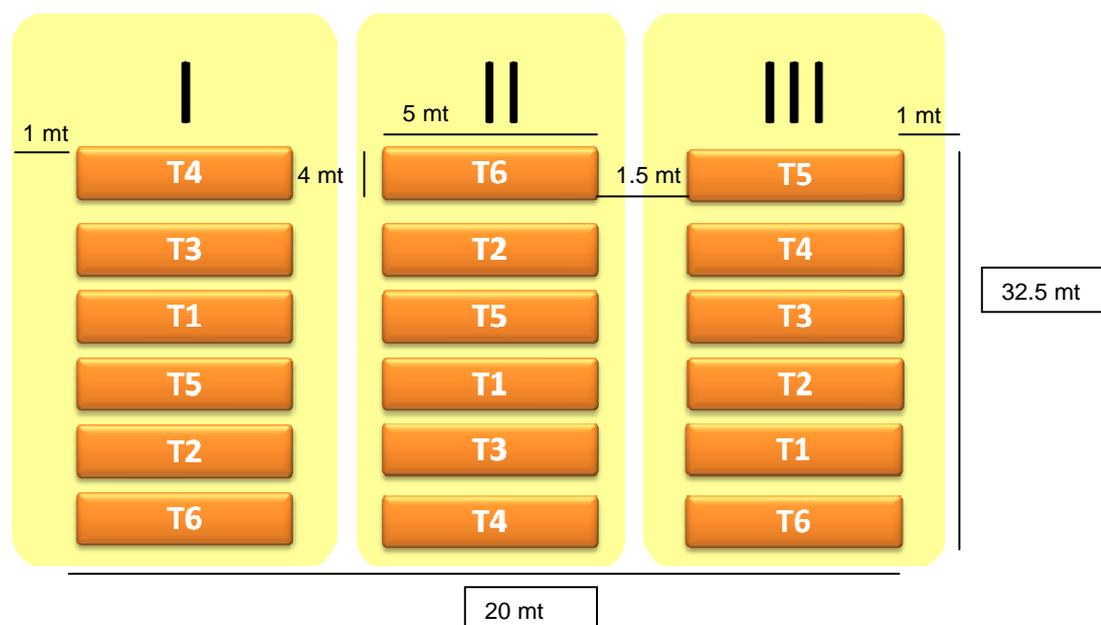
| | |
|--------------------|----------------------------|
| Adaptación m.s.n.m | 1200-1700 |
| Días de cosecha | 100 en choclo, 170 en seco |
| Distancia cm | surcos 80, sitios 45 |

Cuadro 5. (Continuación)

| | |
|------------------------|--------|
| Semillas por sitio | 3 |
| Altura planta | 162 |
| Nº hojas | 9 |
| Color del grano | Blanco |
| Nº mazorcas | 1 |
| Nº granos por mazorca | 310 |
| Longitud de la mazorca | 16 |

2.2.1 Diseño Experimental. Se realizó un diseño estadístico de bloques completos al azar, teniendo en cuenta la pendiente del terreno para su distribución, con cinco tratamientos y un testigo (cuadro 6), con tres repeticiones cada uno (figura 3). Se realizó análisis de varianza y prueba de Duncan al 95% (Gómez, 1997).

Figura 3. Distribución de tratamientos y repeticiones



Cuadro 6. Descripción de los tratamientos

| Tratamientos | Dosis | |
|----------------|---------|--------|
| | g/sitio | Ton/Ha |
| T ₁ | 50 | 1.3 |
| T ₂ | 75 | 2.0 |
| T ₃ | 100 | 2.7 |
| T ₄ | 150 | 4.1 |
| T ₅ | 200 | 5.5 |
| T ₆ | 0 | 0 |

2.2.2 Especificaciones del ensayo. Éstas se describen en el cuadro 7.

Cuadro 7. Descripción de áreas a utilizar en campo

| Áreas | Unidades |
|---|--------------------|
| Área total del ensayo | 650 m ² |
| Área útil del ensayo | 360 m ² |
| Área no útil del ensayo | 290m ² |
| Área de la unidad experimental | 20 m ² |
| Distancia entre parcelas | 1.5 m |
| Distancia entre bloques o repeticiones | 1.5 m |
| Número de surcos por parcelas | 6 |
| Número de plantas por parcela | 66 |
| Distancia entre surcos | 0.80 cm |
| Distancia entre plantas | 0.45 cm |
| Número de plantas por bloque o repetición | 1188 |
| Número de plantas totales | 3564 |
| Densidad de plantas por hectárea | 27.778 |

2.2.3 Manejo agronómico del cultivo. Las labores agronómicas y de control fitosanitario se realizaron de igual manera para todas las unidades experimentales, diferenciándose únicamente en las dosis aplicadas en cada uno de los tratamientos evaluados.

Preparación del suelo. Se hizo el muestreo para el análisis de suelos, se realizó el arado y posteriormente se pulverizaron en forma manual los terrones grandes para facilitar el trazado y la siembra del maíz.

Figura 4. Ubicación del proyecto de investigación



Trazado de parcelas. Se realizó en curvas de nivel, para la conservación del suelo.

Siembra. Se realizó a chuzo utilizando distancias de 45 cm entre plantas y 0.80 cm entre surcos, depositando 3 semillas por sitio, para luego ralea y dejar únicamente una planta por sitio. Para la evaluación de resultados se contó entonces con 66 plantas por parcela de 20 m². El número de plantas por hectárea fue de 27.778 y 1.188 plantas por tratamiento, utilizando un total de 3.564 plantas en el área del ensayo, de donde se realizaron las inferencias hacia las producciones por hectárea. Posteriormente, se rotuló cada una de las parcelas indicando el tratamiento y el bloque respectivo (figura 5).

Figura 5. Plantas de maíz a los ocho días después de la siembra



Fertilización. Al momento de la siembra se aplicó el abono orgánico INAGRO en dosis de 50, 75, 100, 150 y 200 gramos por sitio para cada tratamiento y el testigo con cero aplicaciones de abono orgánico Inagro.

Deshierbas. Se realizaron tres deshierbas manuales cada 20 días después de la germinación, para eliminar competencia por luz, agua y nutrientes en el suelo.

Aporque. Se llevó a cabo al mismo tiempo que se hizo el primer control de malezas, para dar un mayor anclaje a la planta.

Control Fitosanitario. Durante el tiempo que duró el cultivo en el campo fue monitoreado permanentemente para determinar oportunamente la presencia de plagas, encontrando que durante este ciclo la incidencia de éstas fue mínima, por lo que no fue necesaria la aplicación de plaguicidas. Sin embargo, fue necesario adelantar controles manuales de tierreros y trozadores de los géneros *Agrotis sp.* Y *Spodoptera sp.*, debido a su presencia en los estados iniciales y de cosecha del cultivo, pero sin llegar a constituirse en plagas económicas (figura 6).

Cosecha. Se realizó manualmente a los 173 días después de la siembra, y presentó una humedad del 19.8%. El destuza y desgrane se efectuó de acuerdo a la práctica tradicional del agricultor en la región.

Figura 6. *Spodoptera sp.*, atacando una mazorca



2.2.4 Variables Evaluadas.

Altura de la planta. Se realizaron mediciones cada ocho días en 16 plantas por parcela (anexo B), desde la base del tallo hasta su ápice y promediando los resultados (figura 7).

Figura 7. Medida de la altura de las plantas de maíz



Número de Hojas. En cada lectura se realizó el conteo de hojas (figura 8).

Figura 8. Número de hojas por planta de maíz



Número y tamaño de mazorcas por planta. Se hizo conteo del número de mazorcas en las plantas del área útil (figuras 9 y 10).

Figura 9. Número de mazorcas por planta



Figura 10. Tamaño de la mazorca



Número de granos por mazorca. Se promedió el número total de granos obtenidos en cada muestreo, para establecer la capacidad de rendimiento por hectárea (figura 11).

Figura 11. Conteo de número de granos por mazorca



Rendimiento expresado en Kg/ha. Una vez obtenida la producción por cada uno de los tratamientos, ésta se proyectó a kg/ha, para tomarla como base para los cálculos y recomendaciones finales (figura 12).

Figura 12. Peso de mazorcas después de la cosecha



3. RESULTADOS

3.1 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*)

3.1.1 Altura de la planta. Las mayores alturas de plantas se registraron en los tratamientos T₅ y T₄ con promedios de 162.8 y 161.4 cm respectivamente, seguidas de los tratamientos T₃ con 138 cm, T₂ con 116.9 cm y T₁ con 112.5 cm, de altura promedio en la parcela útil (cuadro 8). El menor promedio de altura fue para el tratamiento testigo T₆ con 41.0 cm, estos resultados concuerdan con lo expresado por (Reyes,1990), cuando afirma que la nutrición además de otros factores como la temperatura, la luz y la humedad, son importantes en el crecimiento de las plantas (Figura 13).

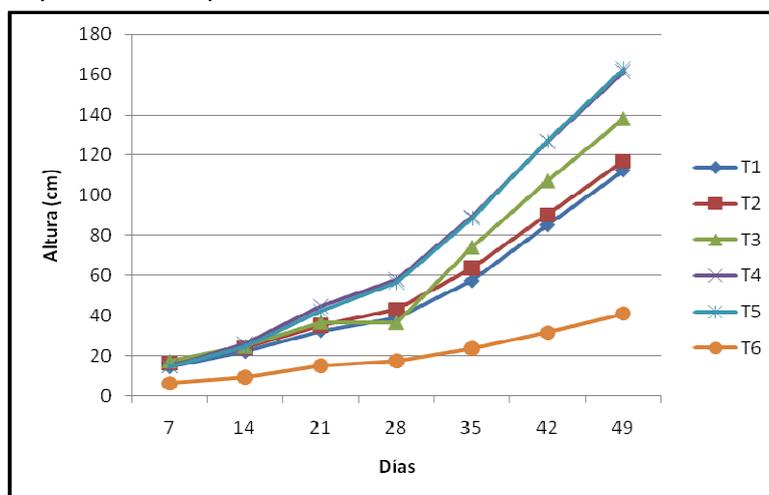
Cuadro 8. Promedio altura de planta

| Tratamientos | 7 DDS | 14 DDS | 21 DDS | 28 DDS | 35 DDS | 42 DDS | 49 DDS |
|------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T ₁ (50 g) | 14,4 | 22,0 | 32,5 | 39,1 | 57,3 | 85,2 | 112,5 |
| T ₂ (75 g) | 16,2 | 24,3 | 35,0 | 43,0 | 63,9 | 90,2 | 116,9 |
| T ₃ (100 g) | 17,4 | 24,9 | 36,7 | 36,6 | 74,0 | 107,1 | 138,0 |
| T ₄ (150 g) | 14,8 | 25,9 | 44,8 | 58,1 | 89,3 | 126,8 | 161,4 |
| T ₅ (200 g) | 14,8 | 24,6 | 42,3 | 56,6 | 88,4 | 126,9 | 162,8 |
| T ₆ Testigo | 6,3 | 9,3 | 15,2 | 17,4 | 23,6 | 31,6 | 41,0 |

DDS. Días Después de la Siembra

En la prueba de promedios para altura de plantas, el test de Duncan, mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$), durante el periodo de evaluación desde los 7 días hasta los 49 días, con lecturas semanales, reflejando un efecto de la fertilización en los tratamientos T₅ y T₄ (Anexos C y D).

Figura 13. Altura promedio de plantas de maíz



Las diferencias encontradas en la altura de plantas pudieron deberse a que el Nitrógeno estuvo disponible durante el ciclo del cultivo, asegurando una mayor absorción por parte de la planta. Según Below (2004), citado por Prieto (2007), el incremento en la disponibilidad de Nitrógeno aumenta el crecimiento y vigor de la planta y por consiguiente, la lenta mineralización hace que la disponibilidad de nutrientes provea de los elementos necesarios durante el ciclo vital de la planta. Esto es complementado por López (2004), al comprobar que el crecimiento de las plantas es la suma integrada de diferentes procesos donde las adiciones de biomasa o materia orgánica al suelo, mejoran las condiciones físicas y nutricionales al mismo, permitiendo de esta manera un mejor desarrollo de las plantas.

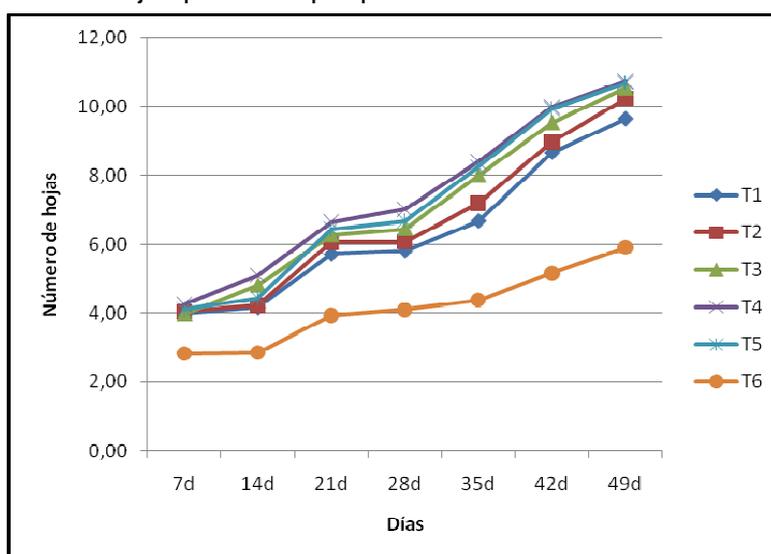
3.1.2 Número de hojas. El promedio de número de hojas por planta fue de 9,62 con un máximo de 10,73 y un mínimo de 5,91 hojas a los 49 días después de la siembra, valores encontrados en el trabajo con la variedad regional Clavo (cuadro 9). Para el tratamiento testigo se observó un promedio mínimo de hojas, lo que se manifestó al final en un bajo rendimiento, debido a la menor cantidad de entrenudos que son los que generan las mazorcas (figura 14).

Cuadro 9. Promedio número de hojas por planta

| Tratamientos | 7 DDs | 14 DDs | 21 DDs | 28 DDs | 35 DDs | 42 DDs | 49 DDs |
|------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T ₁ (50 g) | 4,00 | 4,17 | 5,72 | 5,81 | 6,69 | 8,67 | 9,65 |
| T ₂ (75 g) | 4,04 | 4,23 | 6,06 | 6,08 | 7,19 | 8,98 | 10,23 |
| T ₃ (100 g) | 3,98 | 4,81 | 6,27 | 6,46 | 8,00 | 9,53 | 10,53 |
| T ₄ (150 g) | 4,25 | 5,10 | 6,65 | 7,02 | 8,40 | 9,98 | 10,73 |
| T ₅ (200 g) | 4,10 | 4,44 | 6,44 | 6,69 | 8,25 | 9,94 | 10,69 |
| T ₆ Testigo | 2,82 | 2,85 | 3,94 | 4,10 | 4,38 | 5,17 | 5,91 |

DDS. Días Después de la Siembra.

Figura 14. Número de hojas promedio por planta



Para esta variable la prueba de Duncan presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) (anexo C) entre tratamientos a los 49 días después de la siembra. La mayor cantidad de hojas se obtuvo en los T₄, T₅ y T₃, seguido por los T₂ y T₁; el tratamiento T₆, presentó menor cantidad de nudos y hojas (figura 14).

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Larios & García (1999) para esta variable, en la que no encontraron diferencias significativas en la primera etapa hasta los 30 días del desarrollo del cultivo con la aplicación de abonos orgánicos y con Robles (1978) que si encontró diferencias significativas entre los 42 hasta los 55 días al finalizar el ciclo del cultivo; los dos atribuyen el efecto de estos resultados a la aplicación de Nitrógeno, altas densidades de siembra y la competencia por luz que influye directamente sobre el crecimiento de los tallos, provocando elongaciones, permitiendo menos formación de nudos y por ende menos formación de hojas, lo que pudo haber influenciado en el promedio obtenido.

3.1.3 Número de mazorcas por planta. Se puede observar que a los 173 días después de la siembra coincidiendo con la cosecha, el tratamiento T₄, fue el mejor respecto a los tratamientos T₅, T₃, T₁ (cuadro 10) y el testigo mostró aquí un promedio de menos de una mazorca por planta (figura 15), debido a que en ocasiones se encontró plantas sin presencia de éstas, por efecto posiblemente a deficiencias nutricionales. Al realizar la prueba de Duncan, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (anexo C).

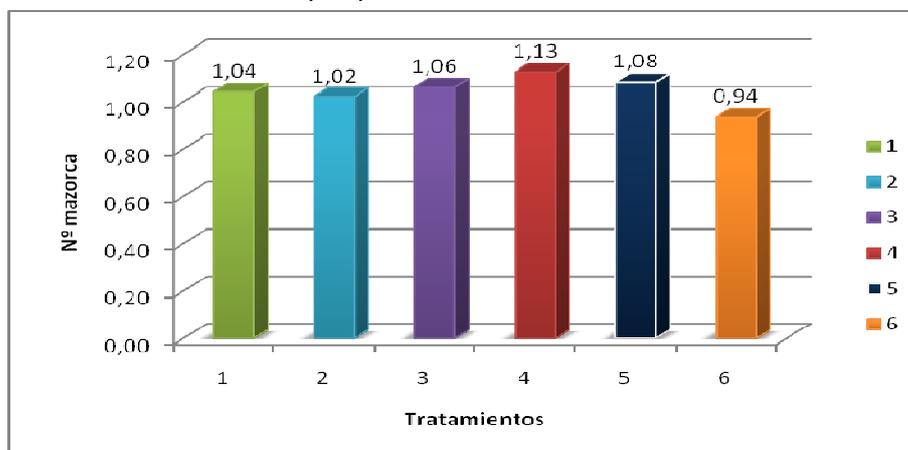
Cuadro 10. Promedio de mazorcas por planta

| Tratamientos | Nº Mazorca |
|------------------------|------------|
| T ₁ (50 g) | 1,04 |
| T ₂ (75 g) | 1,02 |
| T ₃ (100 g) | 1,06 |
| T ₄ (150 g) | 1,13 |
| T ₅ (200 g) | 1,08 |
| T ₆ Testigo | 0,94 |

Esto concuerda con lo citado por Orozco (1996) donde el número de mazorcas está influenciado por la densidad de siembra, la variedad utilizada y la nutrición del suelo. Además Castillo & Arana (1997), aseguran que el número de mazorcas colectadas está influenciada por las condiciones ya nombradas y el manejo práctico del cultivo.

3.1.4 Tamaño de la mazorca. El T₄ fue el de mayor longitud con 16,70 cm, seguido por el T₃ con 16,56 cm, el T₅ con 16,42 cm, T₂ con 16,39 cm, el T₁ con 16,29 cm y tratamiento testigo con 13,01 cm de longitud (cuadro 11). Los rangos pequeños de variación se pueden haber presentado con la aplicación de las dosis de abono orgánico al suelo debido a los aportes de nitrógeno, ya que según Berger (1975), el tamaño promedio de la mazorca aumenta cuando se aplica nitrógeno en diferentes formas al suelo (figura 16). No presentó diferencia significativa con la prueba de promedios (anexo C).

Figura 15. Número de mazorcas por planta

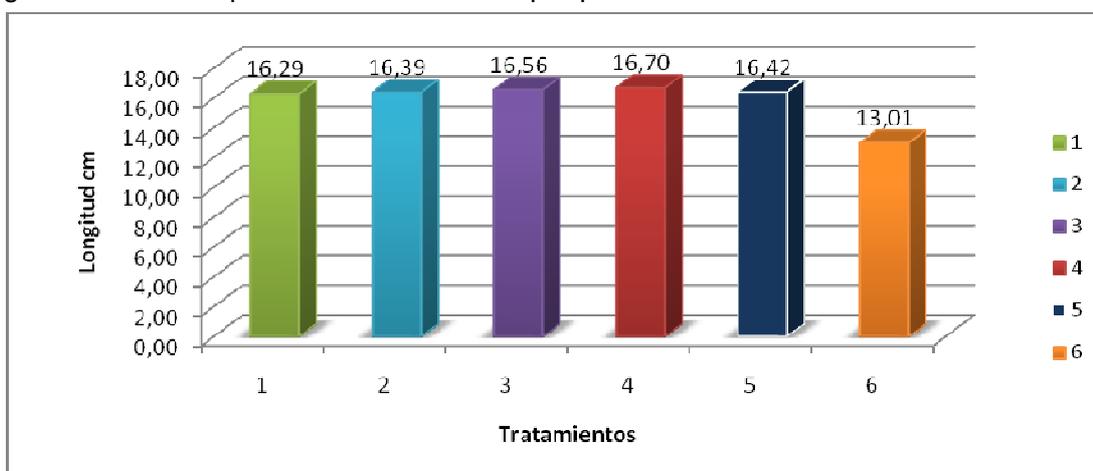


Cuadro 11. Tamaño promedio de la mazorca

| Tratamiento | Tamaño en cm |
|------------------------|--------------|
| T ₁ (50 g) | 16,29 |
| T ₂ (75 g) | 16,39 |
| T ₃ (100 g) | 16,56 |
| T ₄ (150 g) | 16,70 |
| T ₅ (200 g) | 16,42 |
| T ₆ Testigo | 13,01 |

Centeno y Castro (1993) mencionan que la longitud de la mazorca es una variable de gran importancia, ya que tiene una relación directa con la obtención de mayores rendimientos; a mayor longitud de la mazorca, mayor número de granos por hilera y por consiguiente mayores rendimientos por hectárea.

Figura 16. Tamaño promedio de mazorcas por planta



Los resultados encontrados coinciden con lo afirmado por Betanco, *et al.* (1998) quienes dicen que la longitud de la mazorca está influenciada por las condiciones ambientales, la disponibilidad de nutrientes principalmente el Nitrógeno más sin embargo, no encontraron diferencias significativas, evaluando abonos orgánicos a base de bovinaza y gallinaza en la producción de maíz.

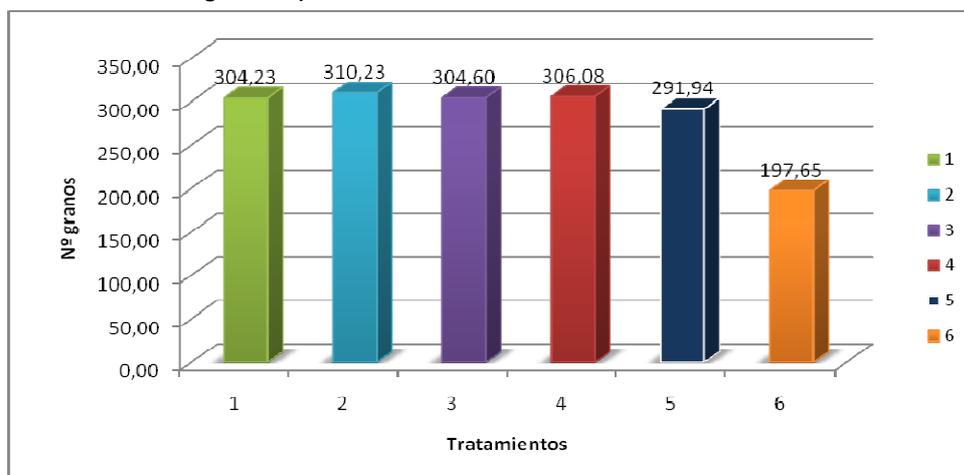
3.1.5 Número de granos por mazorca. El tratamiento T₂ fue el mejor con un promedio de 310,23 granos por mazorca, seguido por los tratamientos T₄ con 306,08, el T₃ con 304,60, T₁ con 304,23, el T₅ con 291,94 y por último el T₆ con 197,65 granos/mazorca (cuadro 12). La aplicación de la prueba de Duncan no presentó diferencias significativas (anexo C). Este parámetro es afectado por el tamaño de la mazorca, el número de hileras por mazorca y la variedad cultivada. Para las dos variables los resultados encontrados tuvieron rangos mínimos de diferencia entre ellos y no se encontró significancia. Según Jugenheimer (1981), cuando se facilita la polinización, se desarrolla un mayor número de granos por hilera, alcanzando mejor tamaño en la mazorca y por ende mayor producción por área (figura 17).

Cuadro 12. Promedio número de granos por mazorca

| Tratamientos | Nº granos |
|------------------------|-----------|
| T ₁ (50 g) | 304,23 |
| T ₂ (75 g) | 310,23 |
| T ₃ (100 g) | 304,60 |
| T ₄ (150 g) | 306,08 |
| T ₅ (200 g) | 291,94 |
| T ₆ Testigo | 197,65 |

Estos resultados concuerdan con los reportados por Cantarero & Martínez (2002) quienes no encontraron diferencias significativas con la aplicación de gallinaza y estiércol vacuno en la producción de maíz.

Figura 17. Número de granos por mazorca



3.1.6. Cosecha. En las figuras 18 a la 23, se observa la calidad de mazorcas cosechadas en cada uno de los tratamientos.

Figura 18. Tratamiento testigo T₆



Figura 19. Tratamiento T₅



Figura 20. Tratamiento T₄



Figura 21. Tratamiento T₃



Figura 22. Tratamiento T₂



Figura 23. Tratamiento T₁



El maíz cosechado se sometió a proceso de secado al sol durante ocho días para disminuir los porcentajes de humedad hasta llevarlos al 14%, valor contemplado para su almacenamiento en bodega. Para el desarrollo de esta actividad fue necesario tomar una muestra de 100 granos de maíz y someterlo a análisis en el Laboratorio de Calidades del Comité de Cafeteros del Cauca (figura 19), ubicado en el municipio de Santander de Quilichao, Departamento del Cauca.

Figura 24. Determinador de humedad MH302

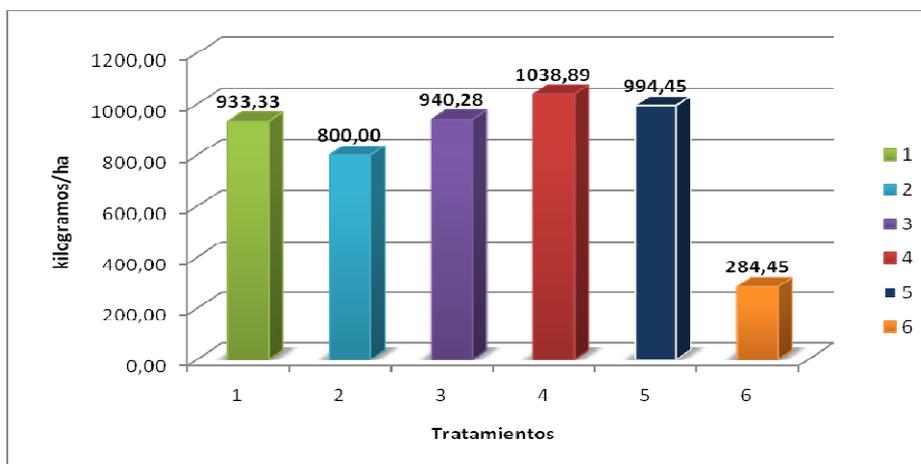


3.1.7 Rendimiento. Se observa que el mayor rendimiento se obtuvo en el T₄, correspondiente a la aplicación de 150 g por sitio del abono orgánico comercial INAGRO, (1038.89 Kg/ha), seguido en cantidad por los tratamientos T₅, T₃, T₁ y T₂, cuyas aplicaciones correspondieron a las dosis de 200 g, 100 g, 50 gr y 75 g respectivamente (cuadro 13). Con relación al tratamiento testigo, es decir sin aplicación de abono, los rendimientos fueron bajos (284.45 Kg/ha) (figura 25).

Cuadro 13. Promedio rendimiento

| Tratamientos | Kg/Ha |
|------------------------|-----------|
| T ₁ (50 g) | 933,333 |
| T ₂ (75 g) | 800,000 |
| T ₃ (100 g) | 940,278 |
| T ₄ (150 g) | 1.038,888 |
| T ₅ (200 g) | 944,445 |
| T ₆ Testigo | 284,445 |

Figura 25. Producción de maíz



En el análisis estadístico realizado a los datos obtenidos, esta variable mostró diferencia significativa a través de la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) (anexo C). Los tratamientos mostraron efectos diferentes sobre el rendimiento, al punto de considerar la fertilización orgánica como alternativa para coadyuvar a la fertilización inorgánica o mineral, debido a que los abonos orgánicos abastecen al suelo de nutrientes como el nitrógeno y los demás elementos esenciales que contiene el compost y el lombricompost. Esto coincide con lo señalado por Santos (1987), quien afirma que las condiciones de fertilidad aumentan en el suelo con la aplicación de abonos orgánicos, el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica, por lo tanto, hace que el agricultor tenga la capacidad de sostener un cultivo rentable.

Además Castellanos *et al.* (1996), reportaron que los abonos orgánicos, se mineralizan a partir del primer año de aplicación, con efecto residual en el suelo hasta por dos años.

Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Cantarero & Martínez (2002) donde encontraron diferencias significativas y mayores rendimientos en kg/ha, con la aplicación de abonos orgánicos como la gallinaza y estiércol vacuno y con los datos obtenidos por López *et al.* (2000), quienes encontraron diferencias significativas, en cuanto al rendimiento de grano con la aplicación de estiércol bovino y gallinaza.

En lo referente a las dosis, Pratt *et al.* (1973) y Magdoff (1978) citado por López *et al.* (2001), mencionaron que las dosis de aplicación de abonos orgánicos dependen del tipo de suelo, del cultivo y de las características del abono orgánico.

3.2 COMPARACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE SUELO ANTES DE LA SIEMBRA Y DESPUÉS DE LA COSECHA

Los resultados del análisis de suelo antes de la siembra de maíz después de la cosecha (cuadros 14 y 15), presentaron variaciones en los valores de N, P, K y los elementos secundarios y menores. Estos cambios pueden ser el resultado de las dosis aplicadas de abono orgánico al suelo, debido a la mineralización lenta de nutrientes a través del tiempo y al ciclo del cultivo que permitió aprovechar este tipo de fertilización.

La adición de abono orgánico produjo cambios en pH, CIC y materia orgánica, además de una leve disminución en el pH del suelo, como consecuencia de la liberación de iones H^+ durante el proceso de nitrificación del amonio (Whitehead, 1995). Esto concuerda con Sánchez *et al.* (2006), quienes reportaron resultados similares, con la aplicación de tierra y abono para pasto.

De igual manera, aumento el contenido de sales al suelo en cantidades que no se consideran tóxicas para los cultivos. Esto coincide con Sánchez *et al.* (2006), donde los materiales orgánicos, el súper abono natural, tabaco, tierra de hoja y abono de borrego, incrementan el contenido de sales en el suelo.

Cuadro 14. Comparación análisis de suelo antes y después de la cosecha

| RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUELOS | | |
|--|----------------------------|------------------------------|
| Análisis | Antes de la siembra | Después de la cosecha |
| Identif muestra | 1 | 1 |
| Nº Lab | 28587 | 29815 |
| Prof. (cm) | 0,2 | 0,2 |
| pH 1:2;5 | 5,8 D | 5,6 D |
| N-Total (%) | 0,4 D | 0,5 C |
| M.O (1000-2000) (%) | 15,69 A | 16,30 A |
| P (ppm) | 2,5 F | 12,8 D |
| Sat Al (%) | 9,2 | |
| Al (meq/100g) | 0,40 C | |
| Ca (meq/100g) | 2,95 D | 8,00 A |
| Mg (meq/100g) | 0,53 F | 1,61 C |
| K (meq/100g) | 0,46 A | 0,99 A |
| Na (meq/100g) | 0,28 F | 0,47 F |
| ClCe (meq/100g) | 4,22 | 11,07 |
| B (ppm o mg/Kg) | 0,30 C | 0,24 C |
| Cu (ppm o mg/Kg) | 0,9 D | 1,5 C |
| Fe (ppm o mg/Kg) | 4,0 F | 10,4 D |
| Mn (ppm o mg/Kg) | 6,6 C | 10,3 A |
| Zn (ppm o mg/Kg) | 2,4 B | 4,0 A |
| Co (ppm o mg/Kg) | T F | TF |
| Mo (ppm o mg/Kg) | 0,6 C | TF |
| Mn (ppm o mg/Kg) | 6,6 C | 10,3 A |
| Zn (ppm o mg/Kg) | 2,4 B | 4,0 A |
| Co (ppm o mg/Kg) | T F | TF |
| Mo (ppm o mg/Kg) | 0,6 C | TF |

Cuadro 15. Interpretación de resultados

| Interpretación de Resultados |
|---|
| A: Contenido "abundante" o alto mas no excesivo. |
| B: Contenido "suficiente" o adecuado. |
| C: Contenido "moderado" o adecuado. |
| D: Contenido "pobre" o deficiente. |
| E: Valor muy alto "excesivo" que puede ser perjudicial |
| F: Contenido ínfimo o "muy pobre". |
| Para pH: |
| A: Alcalino. |
| C: Ligeramente acido. |
| D: Moderadamente acido |
| F: Fuertemente acido. |
| E: Muy alcalino |

Estos resultados coinciden con lo reportado por Sadeghian (2010), quien afirma que al incorporar suficiente abono orgánico al momento de la siembra, se aumenta la diversidad de flora y fauna, se propicia un ambiente sano para la planta, se proporcionan y se retienen nutrientes y, se controlan el aluminio y otros elementos o sustancias tóxicas.

3.3 RELACIÓN COSTO/BENEFICIO

El T₁, correspondiente a la aplicación de 50 g por sitio del abono orgánico comercial INAGRO al momento de la siembra mostró una mejor tasa de retorno a la inversión, logrando una ganancia de \$181.412 pesos, respecto al resto de tratamientos, los cuales en su totalidad, presentaron valores negativos (cuadro 16). Aquí se consideraron tanto los valores de producción obtenidos en la cosecha de una planta por sitio (anexo E) y los precios de venta del producto a la fecha, en los estados de maíz duro y maíz trillado (Mojica, 2011).

Cuadro 16. Costo – Beneficio

| Tratamientos | Rendimiento Kg/Ha | Grano duro \$ 1400 | Trilla \$ 1560 | Costos de producción | Utilidad duro | Utilidad trilla |
|----------------|-------------------|--------------------|----------------|----------------------|---------------|-----------------|
| T ₁ | 933,33 | 1306662 | 1455994,8 | 1125250 | 181412 | 330744,8 |
| T ₂ | 800 | 1120000 | 1248000 | 1312250 | -192250 | -64250 |
| T ₃ | 940,28 | 1316392 | 1466836,8 | 1499250 | -182858 | -32413,2 |
| T ₄ | 1038,89 | 1454446 | 1620668,4 | 1884250 | -429804 | -263581,6 |
| T ₅ | 994,45 | 1392230 | 1551342 | 2269250 | -877020 | -717908 |
| T ₆ | 284,45 | 398230 | 443742 | 740250 | -342020 | -296508 |

4. CONCLUSIONES

Las características físico-químicas del suelo donde se realizó el trabajo de investigación permitieron establecer al inicio del proyecto, niveles bajos y medios de los principales nutrientes que requiere el cultivo de maíz para su desarrollo, lo que de alguna manera facilitó el efecto del abono orgánico INAGRO aplicado al momento de la siembra.

Los rendimientos en Kg/ha fueron el resultado de la cosecha de una planta por sitio en cada uno de los tratamientos, que aunque bajos, pueden considerarse aceptables en concordancia con las tecnologías y dosis aplicadas en cada uno de los tratamientos realizados.

Si bien los mejores resultados en cuanto a rendimientos de maíz se obtuvieron en los tratamientos T₄ y T₅, correspondientes a la aplicación de abono orgánico INAGRO al momento de la siembra en dosis de 150 y 200 gramos respectivamente y con producciones de 1.038,88 y 944,445 Kg/ha, el tratamiento T₁, con aplicación de 50 gr, mostró un mejor comportamiento respecto a la relación costo-beneficio.

Las características químicas del suelo presentaron un mejoramiento después de la cosecha, como resultado de que muchos de los elementos nutritivos de la planta no fueron extraídos en su totalidad, permaneciendo éstos en procesos de mineralización.

5. RECOMENDACIONES

Continuar con investigaciones que permitan consolidar resultados de producción mediante la utilización de otras fuentes de abonos orgánicos y variedades de maíz adaptables a la zona, con densidades mayores de siembra, aumentando para esto el número de plantas por sitio.

Propender porque los resultados de este estudio sean difundidos entre los pequeños productores de maíz de la región como posible alternativa, que les garantice mejorar productividad, disminuir costos y proteger el medio ambiente.

Adelantar estudios que permitan verificar resultados de producción mediante la utilización combinada del abono orgánico INAGRO y parte de fertilización química, a fin de establecer los efectos de esta combinación en la producción, teniendo en cuenta las condiciones nutricionales del suelo al inicio de la siembra y después de la cosecha.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA, O. El uso de los biofertilizantes en la agricultura. Taller de abonos orgánicos. Centro de investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San José (Costa Rica): UCR, 2003. p. 67 – 75.

AUBERT, C. El huerto biológico. Barcelona (España): Integral, 1998. 252 p.

BELOW, F. Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada del maíz. En: Informaciones agronómicas. 2004. no 54. 248 p.

BETANCO, J.A, DULCEIRE, M y GUTIERREZ, E. Informe final de las áreas sembradas en Maíz y su fertilización. Región IV Ministerio Agropecuario y reforma agraria. Managua (Nicaragua), 1998. P 65.

BERGER, J. Maíz, su producción y abonamiento. La Habana (Cuba): Instituto Cubano del libro, 1975. P. 204.

CANTARERO, R. y MARTÍNEZ, O. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad NB-6. Universidad Nacional Agraria. Managua (Nicaragua): UNA, 2002. p 1 – 43.

CARDONA, J. Análisis de diversidad genética de las razas Colombianas de maíz a partir de datos *Roberts et al* (1957), usando la estrategia Ward - MLM. Trabajo de grado Doctorado en ciencias agropecuarias, énfasis en mejoramiento genético y producción de semillas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de post-gradados. 2010. p. 8 – 15.

CARVAJAL, R. La agricultura hacia el siglo XXI, en el marco de la crisis ambiental, primer encuentro nacional de labranza de conservación. En: Cuadernos de agronomía, Universidad de los llanos Orientales. Abril, 1998. Revista 18.p. 15-30.

CASTELLANOS, R. ETCHEVERS, A. AGUILAR, S y SALINAS, J. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades de un suelo en una región irrigada del norte de México. Terra 14. 1996. p 151 – 158.

CASTILLO, A.G y ARANA, V.H. Manejo de densidades y fertilización en el cultivo de maíz. INTA. Managua (Nicaragua). 1997. P 20-30.

CENTENO, J.D. CASTRO, V.L. El crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Managua (Nicaragua): UNA, 1993. 74 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS - FENALCE. Maíz. [en línea]. Cundinamarca. FENALCE, 2009. [citado en 12 marzo de 2011]. Disponible en internet:<URL:http://www.fenalce.org/pagina.php?p_a=46>.

FUENTES, R. Agroecosistemas sostenibles y ecológicos, La Reconversión Agropecuaria. Santiago de Compostela (España): USC, 2006. p. 55-57.

GOMEZ, J. La materia Orgánica en los Agro ecosistemas. Palmira; Universidad Nacional de Colombia, ediciones feriva, 2004. p. 15 - 45.

GOMEZ, J. TABARES, M. Maíces mejorados para la zona de ladera del sur del departamento del Cauca. CORPOICA: Creced, 1999. p. 1 – 15.

GÓMEZ, H. Estadística experimental aplicada a las ciencias agrícolas. Medellín: UNC, 1997. p. 10-30.

HERRERA, A. Verdades y mitos sobre la materia orgánica y los abonos orgánicos. Instituto de la Potasa y el Fosforo. México D.F.: IPF, 2001. p 1-3.

JUGENHEIMER, R.W. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. México. D.F.: Limusa, 1981. p. 841

LARIOS, R.C y GARCIA, C.M. Evaluación de tres dosis de gallinaza, compost y un fertilizante mineral en el cultivo de maíz var.NB-6. Tesis Ingeniería Agrónoma, Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua (Nicaragua), 1999. P 60-92.

LOPEZ, J. ESTRADA, A. MARTINEZ, E y VALDEZ, R. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra 19. 2001. P 297-299.

LOPEZ, Y. La germinación de las semillas. Bogotá D.C: FNC, 2004. p. 1 – 4.

MAGDOFF, F.R. Influence of manure application rates and continuous corn on soil-N. Agron, J,70. 1978. P 629 – 632.

MARTÍNEZ, C. Lombricultura y abonos orgánicos. En: Simposio Internacional y primera reunión. (s.l. 18 – 20, octubre: Texcoco, México). Memorias. México. Fernández, 1999. p. 11 – 15.

MELÉNDEZ, G. Taller de Abonos Orgánicos. En: Agricultura Orgánica. (s.l: 3-4, marzo: San Juan, Costa Rica). Memorias. Costa Rica: Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de insumos agropecuarios no sintéticos, 2003. p. 2 – 27.

MOJICA, A. Boletines de precios SIPSA cereales, garbanzo nacional al maíz trillado, precios diarios de venta al por mayor. [en línea]. Bogotá D.C. CCI, 2011. [citado en 14 abril de 2011]. Disponible en internet: <URL:http://www.cci.org.co/cci/cci_x/datos/Diario/dcr3.htm>.

MUNICIPIO DE POPAYÁN. Plan de Ordenamiento Territorial. En <http://www.popayan.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m-t1--&x=1363451> Marzo 28 de 2011.

NAVAS, G. Los abonos orgánicos en la producción agrícola. Palmira: CCI, CORPOICA, 2008. p. 2 – 6.

OROZCO, E. Arreglos de siembra de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) y maíz (*zea mays L.*) en asocio y monocultivo. Universidad Nacional de Nicaragua. Managua (Nicaragua) UNN, 1996. P. 191.

PAVEL, S. Maíz. Grupo empresarial confecampo. [en línea]. Bogotá D.C. 2010. [citado en 01 abril de 2011]. Disponible en internet: <URL:<http://www.confecampo.com/estadisticas/maiz.pdf>>.

PRATT, P. BROADBERT, F y MARTIN, J. Using organic wastes as nitrogen fertilizer. Calif. Agric, 27. 1973. Pág. 10 – 13.

PRIETO. R. Efecto del manejo del Nitrógeno, sobre características agronómicas, composición química y fermentativa de híbridos de maíz a diferentes edades de corte. Trabajo de grado, título a optar Ingeniero Agrónomo, facultad de ciencias agrícolas. Juan de puerto Rico: Universidad de Puerto Rico. 2007. p 25 – 45.

RAMÍREZ, G. Agricultura Orgánica, fungicidas, abonos orgánicos y caldos microbiales. Libro verde. Buga (Colombia): Ramírez, 1998. p. 66 – 68.

REYES, C. El maíz y su cultivo. 3 ed. México D.F.: Editorial México, 1990. p 320 – 350.

ROBERTS, L. M; GRANT, R.; RAMÍREZ, E. y HATHERWAY, D.L. Razas de maíz en Colombia. D.I.A. Oficina de Investigaciones Especiales. Ministerio de Agricultura. En: Boletín técnico. 1957. no 2. p 10.

ROBLES, S.R. Producción de granos y forrajes. México D.F: Limusa, 1978. P 26-35.

ROSAS, A. Agricultura Orgánica práctica. Alternativas tecnológicas para una agricultura sostenible y sustentable. Santa fe de Bogotá: Medios impresos, 2007. p. 120 – 211.

SADEGHIAN, K. S. La materia orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. Chinchina: Cenicafe, 2010. 38 p.

SALGAR, L. El cultivo de maíz en Colombia. [en línea]. Santa fe de Bogotá. s.n. 2005. [citado en 01 marzo de 2011]. Disponible en internet: <URL:<http://www.semillas.org.co>>.

SÁNCHEZ, E.; VÁSQUEZ, A.; CASTELLANOS, J. y CUETO, J. Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de Trigo.. México D.F.; Universidad Autónoma de Chapingo, 2006. p. 261 – 268.

SANTOS, A. El uso de los abonos orgánicos en la producción agrícola.. Chapingo (México): Centro de Edafología, Colegio de postgraduados, 1987. p. 2-7.

SILVA, C. Maíz Genéticamente Modificado. Bogotá D.C.; Agro – Bio, 2005. p. 3 -13.

TURRUELLA, E. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. La Habana (Cuba): Inifat, 2002. p. 14 – 18.

WHITEHEAD, D.C. Grassland nitrogen. Oxon, Uk: CAB International, 1995. p 124- 148.

ANEXOS

ANEXO A. REGISTRO ICA

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE PROTECCION Y REGULACION AGRICOLA

REGISTRO DE VENTA No. 5728

ACORDADO A LOS DECRETOS Y RESOLUCIONES VIGENTES SE CONCEDE EL REGISTRO DE VENTA No. 5728
DESDE 12/11/06 CON VIGENCIA INDEFINIDA

ZAMBRANO JULIO EDGAR - INDUSTRIAS AGROPECUARIAS - INAGRO

PARA VENDER EN EL TERRITORIO NACIONAL EL PRODUCTO DENOMINADO

ABONO ORGANICO INAGRO
CON UNA COMPOSICION GARANTIZADA DE

| | |
|--|----------------|
| NITROGENO TOTAL (N) | 1,00% |
| FOSFORO TOTAL (P2O5) | 1,00% |
| POTASIO TOTAL (K2O5) | 1,00% |
| CARBONO ORGANICO OXIDABLE (C) | 17,00% |
| CONTENIDO DE CENIZAS | 48,00% |
| CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) | 32,14 meq/100g |
| CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD | 121,00% |
| pH EN SOLUCION AL 10% | 7,00% |
| DENSIDAD A 20°C | 0,53 g/Cm3 |
| HUMEDAD MAXIMA | 20,00% |

MATERIALES PESADOS POR DEBAJO DE LOS LIMITES DE LA NTC 5167
ENTEROBACTERIAS Y SALMONELLA AUSENTES EN 25 GR.

FUENTES:
GALLINAZA COMPOSTADA Y LOMBRICOMPUUESTO

USO ESPECIFICO

PARA LA VENTA Y APLICACION DE ESTE PRODUCTO ES RECOMENDABLE LA
PRESCRIPCION DE UN INGENIERO AGRONOMO, CON BASE EN EL ANALISIS DE
SUELOS O DEL TEJIDO FOLIAR.

TIPO DE FORMULACION

Granulado Fino

EMPAQUES O ENVASES

SACO DE POLIPROPILENO POR 1, 3, 5, 20, 40 Y 50 KILOGRAMOS DE PESO NETO.

ALVARO AREVALO MIRANDA
Profesional Especializado

JAIME CARDENAS LOPEZ
Ingeniero Protección y Regulación

ANEXO B. HOJA DE EVALUACIÓN

| TRATAMIENTO 1 | | | | | | FECHA: | | |
|---------------|--------|---------|----------|------|------------|----------|----------|----|
| BLOQUE 1 | | | BLOQUE 2 | | | BLOQUE 3 | | |
| Nº | Altura | # Hojas | Nº | flor | # mazorcas | Nº | # granos | Kg |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |

ANEXO C. ANOVA DE LOS EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE CADA UNA DE LAS VARIABLES EVALUADAS

Efecto de los tratamientos sobre la altura de las plantas de maíz a los 49 días después de la siembra.

| | GI | SC | CM | FC | Ft(0,05) | Ft(0,01) |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| Total | 17 | 6444,60 | | | | |
| Tratamiento | 5 | 5969,28 | 1193,86 | 27,24 | 3,33 | 5,64 |
| Bloques | 2 | 37,03 | 18,52 | 0,42 | 4,1 | 7,56 |
| Error | 10 | 438,29 | 43,83 | | | |

Efecto de los tratamientos sobre el número de hojas de las plantas de maíz a los 49 días.

| | GI | SC | CM | FC | Ft(0,05) | Ft(0,01) |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| Total | 17 | 23,26 | | | | |
| Tratamiento | 5 | 22,45 | 4,49 | 58,70 | 3,33 | 5,64 |
| Bloques | 2 | 0,05 | 0,02 | 0,32 | 4,1 | 7,56 |
| Error | 10 | 0,76 | 0,08 | | | |

Efecto de los tratamientos sobre el número de mazorcas por planta.

| FUENTES DE VARIACION | GI | SC | CM | FC | Ft(0,05) | Ft(0,01) |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| Total | 17 | 0,13 | | | | |
| Tratamiento | 5 | 0,06 | 0,01 | 2,31 | 3,33 | 5,64 |
| Bloques | 2 | 0,02 | 0,01 | 1,49 | 4,1 | 7,56 |
| Error | 10 | 0,05 | 0,01 | | | |

Efecto de los tratamientos sobre el tamaño de la mazorca.

| FUENTES DE VARIACION | GI | SC | CM | FC | Ft(0,05) | Ft(0,01) |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| Total | 17 | 41,24 | | | | |
| Tratamiento | 5 | 30,20 | 6,04 | 6,56 | 3,33 | 5,64 |
| Bloques | 2 | 1,83 | 0,92 | 1,00 | 4,1 | 7,56 |
| Error | 10 | 9,21 | 0,92 | | | |

Efecto de los tratamientos sobre el número de granos por mazorca.

| FUENTES DE VARIACION | GI | SC | CM | FC | Ft(0,05) | Ft(0,01) |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| Total | 17 | 34133,32 | | | | |
| Tratamiento | 5 | 28528,44 | 5705,69 | 16,70 | 3,33 | 5,64 |
| Bloques | 2 | 2187,57 | 1093,78 | 3,20 | 4,1 | 7,56 |
| Error | 10 | 3417,31 | 341,73 | | | |

Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento expresado en Kg/Ha.

| FUENTES DE VARIACION | GI | SC | CM | FC | FT(0,05) | FT(0,01) |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| Total | 17 | 1,25 | | | | |
| Tratamiento | 5 | 1,18 | 0,24 | 40,81 | 3,33 | 5,64 |
| Bloques | 2 | 0,01 | 0,01 | 1,28 | 4,1 | 7,56 |
| Error | 10 | 0,06 | 0,01 | | | |

**ANEXO D. VARIABLES VEGETATIVAS Y DE PRODUCCIÓN, A LOS 49 DÍAS
DESPUÉS DE LA SIEMBRA**

| VARIABLES VEGETATIVAS | | | |
|------------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| ALTURA | | NUMERO DE HOJAS | |
| Tratamientos | DIA 49 | Tratamientos | DIA 49 |
| T ₅ | 162,81 a | T ₄ | 10,73a |
| T ₄ | 161,38 a | T ₅ | 10,69a |
| T ₃ | 137,99 b | T ₃ | 10,53a |
| T ₂ | 116,94 c | T ₂ | 10,23b |
| T ₁ | 112,46 c | T ₁ | 9,65 b |
| T ₆ | 38,17 | T ₆ | 5,91 |

| VARIABLES DE PRODUCCION | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|------------------|----------------|--------------|
| Ttos | Nº Mazorcas | Ttos | Tamaño | Ttos | Nº Granos | Ttos | Kg/Ha |
| T ₄ | 1,13 a | T ₄ | 16,70 a | T ₂ | 310,23 a | T ₄ | 1038,89 a |
| T ₅ | 1,08 b | T ₃ | 16,56 a | T ₄ | 306,08 a | T ₅ | 994,45 b |
| T ₃ | 1,06 b | T ₅ | 16,42 a | T ₃ | 304,23 a | T ₃ | 940,28 b |
| T ₁ | 1,04 b | T ₂ | 16,39 a | T ₁ | 304,60 a | T ₁ | 933,33 b |
| T ₂ | 1,02 b | T ₁ | 16,29 a | T ₅ | 291,94 a | T ₂ | 800 c |
| T ₆ | 0,94 | T ₆ | 13,01 | T ₆ | 197,65 | T ₆ | 284,45 |

ANEXO E. ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR TRATAMIENTO

| DETALLE | TRATAMIENTO 1 | | | TRATAMIENTO 2 | | | TRATAMIENTO 3 | | | TRATAMIENTO 4 | | | TRATAMIENTO 5 | | | TRATAMIENTO 6 | | |
|------------------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|--------------|----------------|
| | Cant | Vr. Unitario | Vr. Total | Cant | Vr. Unitario | Vr.Total | Cant | Vr. Unitario | Vr.Total |
| Mano de Obra | 40 | 18.000 | 720.000 | 40 | 18.000 | 720.000 | 40 | 18.000 | 720.000 | 40 | 18.000 | 720.000 | 40 | 18.000 | 720.000 | 40 | 18.000 | 720.000 |
| semilla de maíz | 15 | 1.350 | 20.250 | 15 | 1.350 | 20.250 | 15 | 1.350 | 20.250 | 15 | 1.350 | 20.250 | 15 | 1.350 | 20.250 | 15 | 1.350 | 20.250 |
| Abono orgánico Inagro | 35 | 11000 | 385.000 | 52 | 11.000 | 572.000 | 69 | 11.000 | 759.000 | 104 | 11.000 | 1.144.000 | 139 | 11.000 | 1.529.000 | | | |
| Total | | | 1.125.250 | | | 1.312.250 | | | 1.499.250 | | | 1.884.250 | | | 2.269.250 | | | 740.250 |